



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Kaarel Kristjan Rink

PONSSE HARVESTERIDE MÕJU METSAPINNASELE
THE IMPACT OF PONSSE HARVESTERS ON FOREST SOIL

Bakalaureusetöö
Metsanduse õppekava

Juhendaja: Vahur Kurvits, MSc

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Kaarel Kristjan Rink		Õppekava: Metsandus	
Pealkiri: Ponsse harvesteride mõju metsapinnasele			
Lehekülgi: 28	Jooniseid: 12	Tabeleid: 0	Lisasid: 2
Õppetool:		Metsakorraldus ja metsatööstuse	
ETIS-e teadusvaldkond Metsakasvatus, metsandus, metsandustehnoloogia (B430) ja CERC S-i kood:			
Juhendaja:		Lektor Vahur Kurvits	
Kaitsmiskoht ja aasta:		Tartu 2021	
<p>Antud bakalaureusetöö koosneb 5st peatükist. Esmalt antakse ülevaade masindegradatsioonist, siis näidatakse, mis Ponsse harvestere ning rehve kasutatakse. Lõpuks presenteeritakse arvutuste tulemused ning nende analüüsid.</p> <p>Arvutused paljastasid, et harvesteride erisurve pinnasele võib jõuda isegi saameeste survele lähedale. Need on kõige kergemad harvesteid. Mida raskemaks harvesteid lähevad seda suuremat mõju avaldavad nad pinnasele. Rehvi valik on harvesteridel väga tähtis. Tulemused näitasid, et 750mm laiusega rehvid avaldasid kõige vähem mõju pinnasele.</p> <p>Tulemusi võrreldakse Sven Holmi tööga, kus ta analüüsis John Deere'i forwarderide mõju pinnasele. Forwarderid valiti tööst välja nii, et nende mass ühtis harvesteride omaga. Võrdluses tuli välja, et lintidega avaldatakse palju vähem mõju pinnasele, kuna kaal on jaotatud palju paremini.</p> <p>Töö autor usub, et antud bakalaureusetöö annab hea ülevaate sellest, kuidas harvesteid mõjutavad metsapinnast ning kuidas seda parandada. Kui linte ei saa kasutada, siis õige rehvi valik avaldab tunduvalt vähem mõju pinnasele.</p>			
Märksõnad:metsandus, harvester, Ponsse, masindegradatsioon, metsapinnas.			

Estonian University of Life Sciences		Abstract of Bachelor's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Kaarel Kristjan Rink		Speciality: Forestry	
Title: The Impact of Ponsse Harvesters On Forest Soil			
Pages: 28	Figures: 12	Tables: 0	Appendixes: 2
Chair:	Forest Management Planning and Wood Processing Technologies		
Field of research and (CERCS) code:	Silviculture, forestry, forestry technology (B430)		
Supervisors:	Lecturer Vahur Kurvits		
Place and date:	Tartu 2021		
<p>This work consists of five chapters. It first gives an overview of machine degradation, shows what Ponsse harvesters are used and what tyres are chosen. Finally the calculation results are presented and analyzed.</p> <p>The calculations revealed that some harvesters could almost reach an impact as low to that of a sawyer. These are however the lightest harvesters. The heavier the harvesters are the more effect they have on the soil. Tyre choice is also an important factor. Results showed that the 750mm tyre was the best out of them.</p> <p>The results are also compared to Sven Holm’s work where he analyzed John Deere forwarders with tracked tyres. The forwarders were specifically chosen so that the masses would equal to that of the harvesters. The comparison showed that tracked tyres are far superior to just tyres as the weight is distributed better.</p> <p>The author believes that this thesis could provide useful information into how harvesters impact forest soils and how it can improved. If tracking is not an option then the right tyre choice can have significantly less impact.</p>			
Keywords: forestry, harvester, Ponsse, machine degradation, forest soil.			

Sisukord

Sissejuhatus.....	5
1. Masindegredatsioon.....	6
2. Metoodika.....	7
3. Ponsse harvesterid mudelid.....	9
3.1 Ponsse harvesteride mudelid.....	9
4. Harvesteride rehvid.....	11
4.1 Rehvi mõõdud.....	11
4.2 Nokian rehvid.....	12
5. Tulemused.....	14
5.1 600mm laiuste rehvide mõju pinnasele 6WD masinatel.....	14
5.2 600 laiuste rehvide mõju pinnasele 8WD masinatel.....	15
5.3 6WD masinate mõju pinnasele 700/710 mm laiuste rehvide korral.....	16
5.4 8WD masinate mõju pinnasele 710 mm laiuste rehvide korral.....	17
5.5 6WD harvesteride erisurve pinnasele 710/750 mm laiuste rehvide korral.....	18
5.6 8WD harvesteride erisurve 750 mm laiuste rehvide korral.....	19
5.7 6WD harvesteride erisurve 710/800 mm laiuste rehvide korral.....	20
5.8 8WD harvesteride erisurve 800 mm rehvide korral.....	21
5.9 Võrdlus John Deere'i metsaväljaveo masinatega.....	22
Kokkuvõte.....	24
Viited.....	25
LISA.....	26
Lisa 1 Harvesteride tehnilised andmed.....	26
Lisa 2 Harvesteride erisurve pinnasele.....	27
Lisa 3. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.....	28

SISSEJUHATUS

Eesti raiemahud, kuni aastani 2018 on olnud pidevas tõusutrendis (Keskkonnaministeerium, 2019). Aastal 2018 oli kogu raiemaht 12 741 000 tihumeetrit (Keskkonnaministeerium, 2019). Selleks, et saavutada selline maht ei ole mõistlik kasutada raiemehi (Alvela, 2019). Siin tulevad appi masinad.

Harvesterid on alternatiivid saameestele. Üks harvester suudab keskeltläbi 15 saamehetöö ära teha ehk harvesteriga töö tegemine on tunduvalt efektiivsem (Alvela, 2019). Kuigi harvesterid on tõhusad masinad, siis nende kasutamine metsades tekitab ohtu lõhkuda metsapinnast. Kogenematu või hoolimatu operaator võib teha ebakvaliteetset tööd ning sellest tulenevalt on oht metsapinnasele veelgi suurem (Alvela, 2019).

Eesti riigimetsades kehtib seadus, et masina vanus ei tohi ületada viit aastat. Selline nõue tekitab nõiaringi, kus masinaid on pidevalt vaja liisida juurde ja peavad koguaeg töös olema (Alvela, 2019). Sellest tulenevalt pannakse harvesterid ebasobival ajal tööle, kui metsamuld on pehme ja masinad vigastaks puude juuri ning juurekaelu (Alvela, 2019).

Raskete masinatega sõitmine tihendab mulda. Tihenemine sõltub masina massist, kuid ka rehvide laiusest ning sellest, kuidas jaotub surve pinnasele (Astover *et al.*, 2012, lk 158). Antud uurimistöö eesmärk on uurida Ponsse harvesteride mõju metsapinnasele.

Peatükk 1 annab ülevaate masindegradatsioonist ning mõjust metsapinnasele. Peatükk 2 kirjeldab antud töö metoodikat ning valemeid, mida on kasutatud arvutustes. Peatükk 3-s on välja toodud Ponsse harvesterid, mida kasutatakse. Peatükis 4 on esitatud kirjeldus rehvidest, mis on antud töös kasutatud. Peatükk 5-s on antud tulemuste analüüs ning lõpuks antakse ülevaade tehtud tööst Kokkuvõttes. Vajalikud tehnilised andmed ning tulemuste numbrilised väärtused on toodud välja Lisades.

1. MASINDEGRADATSIOON

Metsasisene masinate liikumine põhjustab vältimatut kahju metsapinnasele. Kuna pealmised kihid on väga poorsed, siis tallamise käigus muld tiheneb oluliselt. Peamised probleemid, mis kaasnevad on aeratsiooni ja infiltratsiooni vähenemine, kuid veel näiteks pinnase erosioon .

Mulla aeratsioon tähendab mulla õhustatust ehk mulla aeroobsust (Eesti Entsüklopeedia). Muld, millel on tugevalt tihenenud kihid väheneb õhuläbilaskvus üle kümne korra. Selle tulemusena väheneb taimejuurte ligipääs õhule, mida saadakse mullast (Astover *et al.*, 2012). Kui muld on tihedaks tallatud, siis selle tulemusena on taimede juurestikul raske pinnasesse tungida.

Infiltratsioon iseloomustab vedelike imbumist pinnasesse, millega kaasneb ülavesi ülemistes mullahorisontides (Eesti Entsüklopeedia). Kui vesi on kogunenud ülakihtidesse, siis kaasneb sellega fosfori välja uhtumine mullast, mis pärsib taimede kasvu. Mulla tihenemine soodustab aga metallide kuhjumist pinnases nagu näiteks alumiinium ja mangaan.

Metsapinnase kahju vähendamiseks on soovitatav moodustada hea kokkuveoteede võrgustik, millel võsast, saepurust või põhust aluspadi. Sellega vähendatakse pinnase erosiooni. Tagamaks, et masinad ei tekitaks rööpaid on tähtis õige rehvalik, rehvirõhk ning head ilmaolud (Picchio *et al.*, 2020).

2. METOODIKA

Käesoleva uurimuse eesmärk on analüüsida kõikide Ponsse harvesteride mudelite erisurvet maapinnale, võttes kasutusel eri laiusega rehvid. Töö eesmärk on leida maapinnale kõige vähem ja kõige rohkem erisurvet tekitavate Ponsse harvesteride mudelid. Kõikidele harvesteridele on valitud 26,5“ veljed, välja arvatud Ponsse Ergo 6W, millele pidi traktormoodulile panema 34“ veljed. Rehvide laiusteks on valitud 600 mm, 710 mm, 750 mm ning 800mm rehvid. Ponsse Ergo 6W traktormooduli rehvide laiuseks sai valitud 600mm, 700mm ja 710mm laiused rehvid aga erinevate kõrgus ja laius suhtega. Rehvide tootjaks on valitud Nokian Forest King TRS2 ja Nokian Nordman Forest TRS L-2. Harvesteride kaalujaotus arvutamisel jagati pooleks 50/50 lähtudes antud masinate esinduse asjatundjate soovist. Täpsemad harvesteride andmed on toodud välja Lisas 1.

Võrdlusesse on võetud Sven Holmi (2020) töö, kus uuriti John Deere'i väljaveomasinade mõju metsapinnasele koos lintidega. Harvesteride ja rehvide andmed, mida on kasutatud tulemuste arvutamiseks, on võetud tootja kodulehelt.

Traktori kogukaalu leidmiseks kasutati valemit (Kurvits 2020)

$$Q_h = \frac{\text{kogukaal (kg)}}{100} \quad (1)$$

kus kogukaal Q_h saadakse kN.

Ratta raadiuse leidmiseks kasutati valemeid (Kurvits 2020)

$$R_{htr} = \frac{(\text{rehvilaius (mm)} * (\text{rehvi kõrguse ja laiuse suhe} / 100))}{1000} + \frac{\text{velje diameeter} * 2,54}{1000} \quad (2)$$

$$R_{hha} = \frac{(\text{rehvilaius (mm)} * (\text{rehvi kõrguse ja laiuse suhe} / 100))}{1000} + \frac{\text{velje diameeter} * 2,54}{1000} \quad (3)$$

kus R_{htr} on ratta raadius traktorimoodulil ja R_{hha} on ratta raadius haakemoodulil ning vastus saadakse meetrites.

Traktori rattale langeva koormuse leidmiseks kasutati valemeid (Kurvits 2020)

$$M_{htr} = \frac{(\text{moodulitele langev koormus}(\%) / 100)}{\text{moodulil olev rataste arv}} \quad (4)$$

$$M_{hha} = \frac{(\text{moodulitele langev koormus}(\%) / 100)}{\text{moodulil olev rataste arv}} \quad (5)$$

M_{htr} on traktorimoodulile olevate ratastele langev koormus kN ja M_{hha} on haakemoodulile olevate ratastele langev koormus.

Traktori ratta erisurve leidmiseks kasutati valemeid (Kurvits 2020)

$$E_{htr} = \frac{M_{htr}}{R_{htr} * (\text{ratta laius}(\text{mm}) / 1000)} \quad (6)$$

$$E_{hha} = \frac{M_{hha}}{R_{hha} * (\text{ratta laius}(\text{mm}) / 1000)} \quad (7)$$

kus E_{htr} on traktorimoodulil erisurve pinnasele kPa; E_{hha} on haakemooduli erisurve pinnasele kPa.

Tulemuste analüüsis on veel välja toodud võrdlus saamehega, kelle erisurve pinnasele e_i on välja arvatud järgneva valemiga:

$$e_i = \frac{\text{jala le langev koormus}[\text{kN}]}{\text{jala talla pindala}[\text{m}^2]} = \frac{1,1 \text{ kN}}{0,03 \text{ m}^2} = 36,67 \text{ kPa} \quad (8)$$

Uurimustöö andmetöötluseks kasutati Microsoft Excelit ning teksti töötlus viidi läbi LibreOffice programmi abil. Käesoleva töö koostamisel ja vormistamisel on kasutatud üliõpilastööde koostamise ja vormistamise juhendit (Lõputöö vormistamise juhend, 2017).

3. PONSSE HARVESTERID MUDELID

Ponsse on maailmas esirinnas rasketööstuslike metsamasinate tootmises. Nende masinad toimivad kõik *CTL* (cut-to-length) põhimõttel ehk langetatakse, harvendatakse, laasitakse ning lõigatakse õigesse pikkusesse enne, kui metsast ära viiakse. Tagamaks, et nende tooteid saaks kasutada võimalikult erinevates oludes, on harvestere tootmises seitse erinevat mudelit.

3.1 Ponsse harvesteride mudelid

Uuritavate harvesteride mudelid on järgmised:

- Ponsse Beaver
- Ponsse Fox
- Ponsse Cobra
- Ponsse Scorpion
- Ponsse Scorpion King
- Ponsse Ergo
- Ponsse Bear

Kõik loetletud harvestered on esitatud joonisel 1.

PONSSE BEAVER



PONSSE FOX



PONSSE COBRA



PONSSE SCORPION



PONSSE SCORPION KING



PONSSE BEAR



PONSSE ERGO 8W



PONSSE ERGO 6W



Joonis 1: Ponsse harvesterid

Ponsse harvesteridel kasutatakse Mercedes Benz'i mootoreid, mille võimsused on vahemikus 150 kW kuni 260 kW. Võimsused saab jaotada kaalu järgi ära, mida raskem seda võimsam mootor. Beaver on kõige kergem harvesteridest ja Bear kõige raskem. Lisaks on joonisel 1 näha, et mudelitel erineb ratta telgede arv (Ponsse Oyj). See on tähtis hilisematel erisurve arvutustel.

Neil saab eristada nelja tüüpi kraanasid, C44+, C5, C50 ja C6. Viimast saab kasutada ainult Bear. Lisaks kraanadele on veel olemas nelja tüüpi lõikepäid: H5, H6, H7 ja H8. Bear kasutab veel H7 ja H8 eri mudeleid. Kõikidel neil on erinevad kaalud ning võimsused. Sellest tulenevalt võib muutuda harvesteride kaal (Ponsse Oyj, 2020). Harvesteride tehnilised detailid on toodud välja Lisas 1.

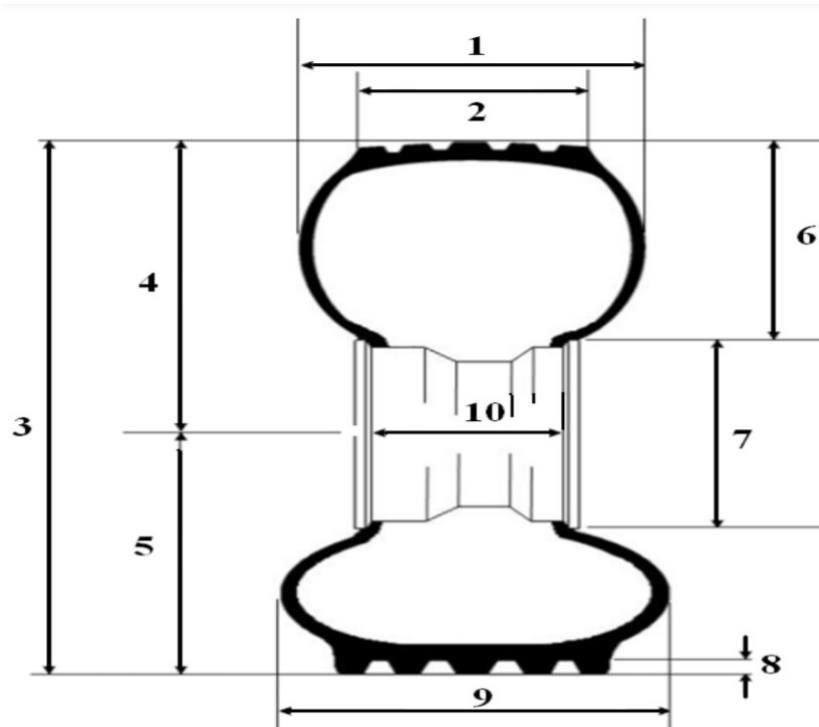
Käsitletud harvesterid on kaalult rasked masinad (17000kg+). Sellest tulenevalt on tähtis, et neil on kaal jaotatud hästi. Kaalu võtavad vastu rehvid, mille kaudu antakse edasi survet pinnasele.

4. HARVESTERIDE REHVID

Harvesteride esmane kontakt pinnasega toimub läbi rehvide. Oluline on, et rehvid ei tallaks ega lõhuks metsapinnast, sellest tulenevalt peavad rehvid olema vastavalt pinnasetüübile ning piisava rõhuga. Rehvide erinevus tuleneb nende kujust ning mustrist. Mustri omadused näitavad selle sobivust kindla pinnasetüübiga. Rehvi mustri omadusteks on pinnalpüsivus, haare, koormustaluvus ning isepuhastuvõime (Põhja 2010).

4.1 Rehvi mõõdud

Tähtis omadus rehvidel on nendes olev rõhk. Kui on väiksem rõhk, siis paraneb pinnapüsivus (laiem kontaktpind), kuid liiga väike rõhk tõstab rehvide kuluvust. Vastupidiselt kõvema pinnase puhul on parem, kui rehvis on suurem rõhk. Sellest tulenevalt muutuvad rehvi kõrgus, laius ning kontaktpinna suurus (vt. 2) (Põhja 2010).



Joonis 2: Rehvi ristlâbilõige, kus 1 – rehvi laius, 2 – mustri laius, 3 – rehvi kõrgus, 4 – raadius, 5 – raadius koormuse all, 6 – külje kõrgus, 7 – velje diameeter, 8 – mustri sügavus, 9 – laius koormuse all ja 10 – velje läbimõõt (Põhja 2010)

Süsteemaatiline rehvide kontroll aitab parandada rehvide vastupidavust. Kui leitakse lõhed, rebendid või muid märgatavaid vigu, siis tuleks need koheselt likvideerida. See on oluline, et rehvide eluiga paraneks ning kulud väheneksid. Optimaalsed rõhud rehvide on määratud tootjate poolt.

4.2 Nokian rehvid

Nokian Tyres pakub harvesteridele 7 erinevat rehvitüüpi. Nende rehvide omadused määravad, kus neid kasutada saab ning kuidas mõjutavad metsapinnast. Antud töös kasutatakse Ponsse harvesteridel Nokian Nordman Forest TRS L-2 Ergo 6 rattalise

traktormooduli jaoks ning ülejäänutel Nokian Forest King TRS2 (vt. joonis 3) (Nokian Tyres 2021).



Joonis 3: Vasakul Nordman Forest TRS L-2 ning paremal Forest King TRS2 (Nokian Tyres 2021)

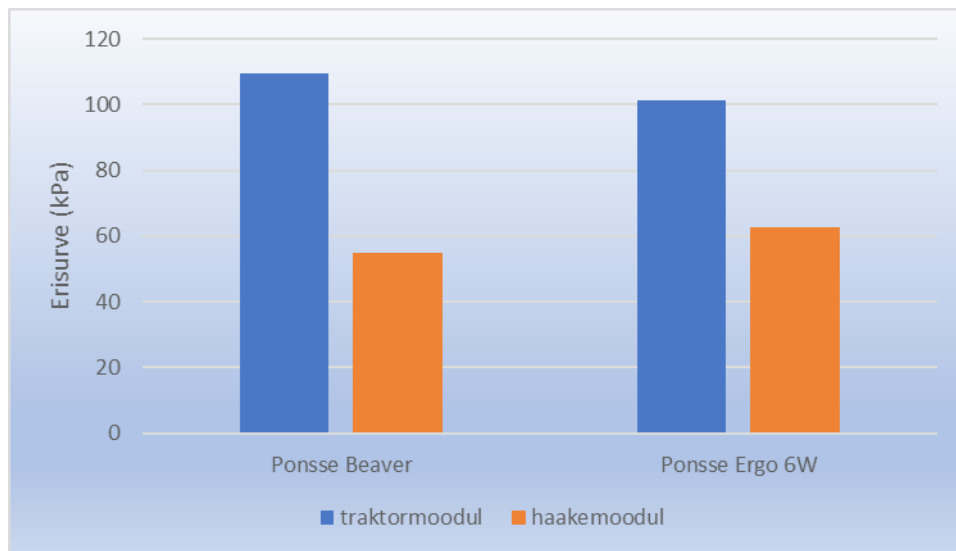
Nokian Nordman Forest TRS L-2 on ökonoomne ning pakub head manööverduusvõimalust. Mustri sügavus tagab hea haarduvuse ning isepuhastusvõime. Ta on mõeldud spetsiaalselt opereerimiseks metsapinnastel. Nokian Forest King TRS2 on mõeldud nõudlikele metsapinnastele. Tal on väga terav ning sügav muster tagamaks optimaalse haarduvuse (Nokian Tyres 2021). Rehvide detailsed andmed on toodud välja Lisas 1.

5. TULEMUSED

Antud bakalaureusetöö eesmärk oli välja selgitada Ponsse harvesterite mudelite kõige suuremad ja kõige väiksemad erisurved pinnasele. Tulemuste arvutamiseks kasutati erineva laiusega rehve.

5.1 600mm laiuste rehvide mõju pinnasele 6WD masinatel

Antud arvutustel on 6WD masinaid 2 tükki, Ponsse Beaver ja Ponsse Ergo 6W. Tulemuste käigus selgus, et Beaveri traktormoodul avaldas rohkem erisurvet pinnasele kuigi masina kaal on väiksem kui Ergo 6W. Arvesse tuleks võtta seda, et traktormoodulil on erineva suurusega veljed, millest tuleb erinevus. Beaveril on 26,5" veljed nii traktormoodulil kui haakemoodulil. Ergo traktormoodulil on 34" veljed ja haakemoodulil on 26,5" veljed. Rehvi andmed Ergo traktormoodulil on 600/65*34 ja haakemoodulil 600/55*26,5, mis on täpselt samad, kui Beaveri haake- ja traktormoodulil.

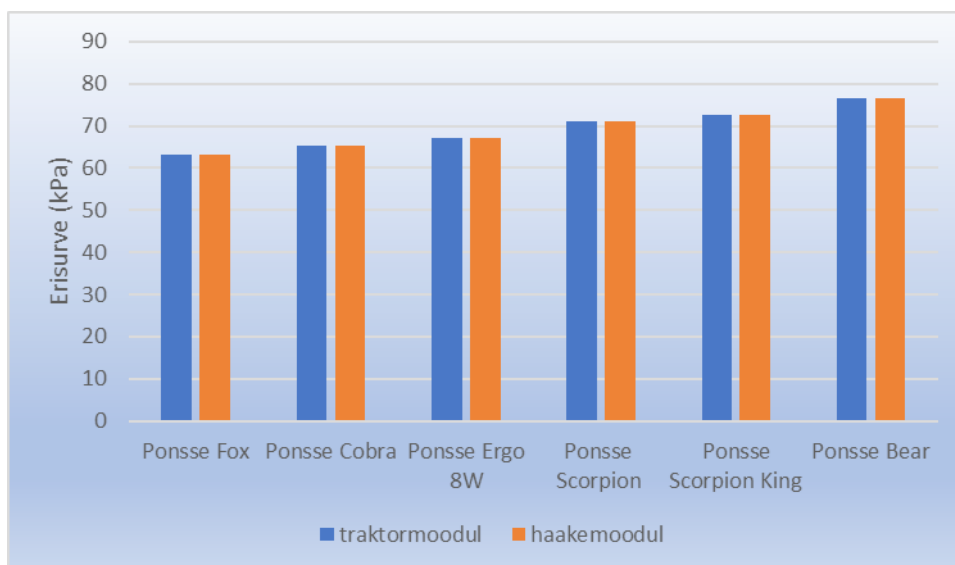


Joonis 4: 6 rattaliste erisurve pinnasele

Haakemoodulil on kõige rohkem survet Ergol, milleks oli 62,5 kPa ja traktormoodulil tekitab kõige rohkem erisurvet Beaver 109,3 kPa (vt. Joonis 4). Arvesse tuleb võtta seda, et 600 mm laiusega rehve kasutatakse ainult mägistes piirkondades .

5.2 600 laiuste rehvide mõju pinnasele 8WD masinatel

Kaheksarattalisi on 6 masinat. Nendeks on: Fox, Cobra, Scorpion, Scorpion King, Ergo ning Bear. Antud masinatest tekitab kõige rohkem erisurvet pinnasele Beari haake- ja traktorimoodul, mõlemad võrdselt 76,5 kPa (vt. joonis 5).



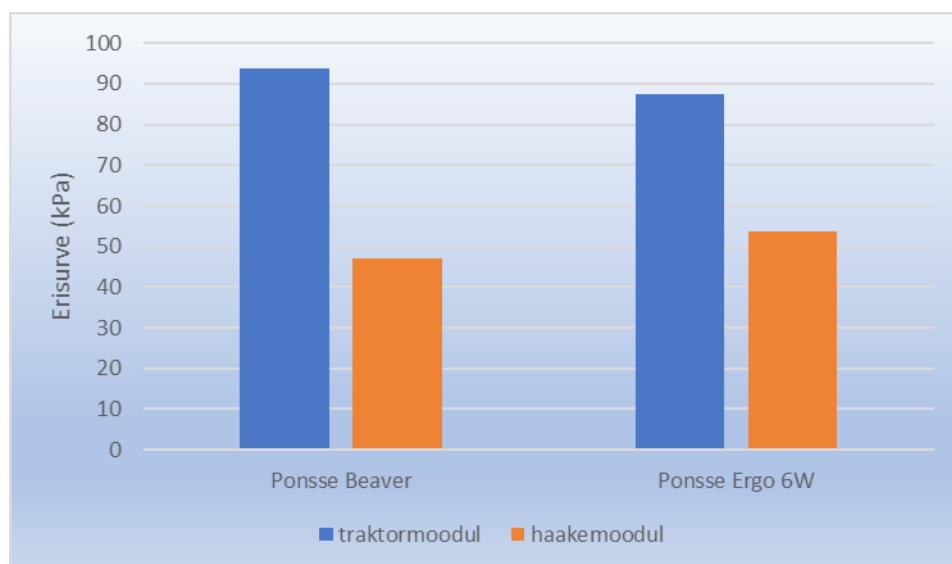
Joonis 5: 8 rattaliste 600mm rehvi laiusega erisurve

Arvesse tuleb võtta seda, et antud mudeli tüüp on Ponsse harvesteride seast kõige suurema massiga 24 500 kg. Kõige vähem pinnasele survet avaldas Ponsse Fox 63,1 kPa. Antud mudel on kaheksarattaliste seas kõige kergem 20 200 kg. Tulemustes selgub, et kuuerattaliste traktormoodulil avaldavad rohkem mõju pinnasele kui kaheksarattaliste traktormoodulid. See tuleneb sellest, et kuuerattaliste traktormoodulil on toetus pinnaks 2 ratast, aga kahksarattalistel on 4 ratast ning sellest tulenevalt tekib suur erinevus erisurvel.

Jooniselt on märgata lineaarset erisurve kasvu kergemast harvesterist raskema harvesteri poole. Masside suurenemise tõttu suurenevad erisurved. Kõikidele kaheksarattalistel harvesteridel on valitud 600/55*26,5 rehvid.

5.3 6WD masinate mõju pinnasele 700/710 mm laiuste rehvide korral

6WD masinatest andis kõige rohkem mõju pinnasele Beaver'i traktormoodul 93,9 kPa ja kõige vähem andis Ergo 6W 87,4 kPa (vt. joonis 6). Arvesse tuleb võtta seda, et Beaveril on väiksem kaal ning selles arvutuses laiemad rehvid, mis peaks loogika järgi andma väiksema surve pinnasele kui Ergo.



Joonis 6: 6 rattaliste erisurve pinnasele 710mm rehvidega

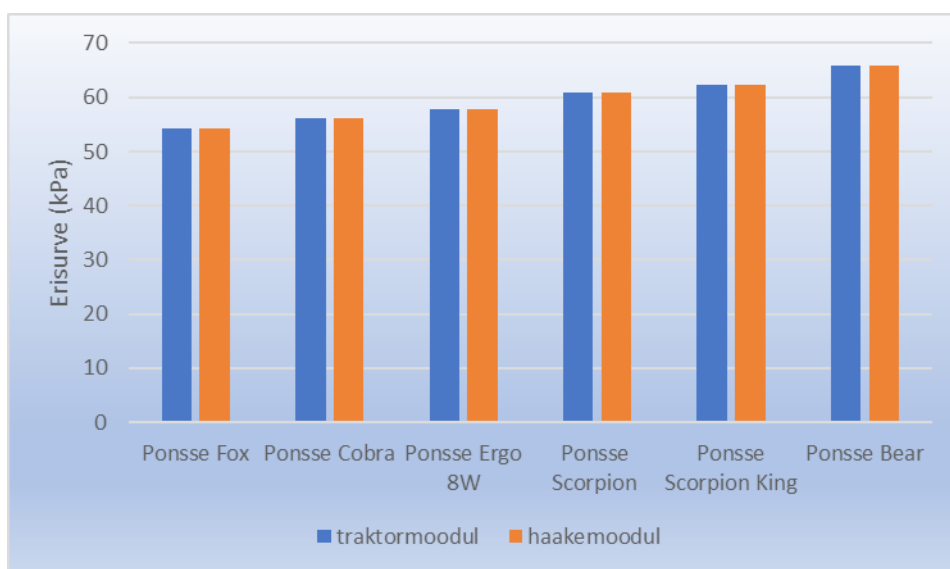
Suuremat rolli mängivad aga velje ja rehvi ja laiuse suhe, sest kui raadius suureneb, väheneb erisurve pinnasele. Beaver'i rehvi mõõdud selles arvutuses on 710/45*26,5 nii haakemoodulil kui traktormoodulil. Ergo traktormooduli rehvid on 700/55*34 ja haakemoodulil 710/45*26,5.

Haakemoodulitest andis kõige vähem erisurvet pinnasele Beaver 46,9 kPa ja kõige rohkem survet pinnasele avaldas Ergo 53,6 kPa. Tulemustest selgub, et kuna Beaver on kaalult

kergem, kui Ergo, siis on erisurve väiksem pinnasele. Haakemoodulitel on mõlemal harvesteril rehvi mõõtmed 710/45*26,5.

5.4 8WD masinate mõju pinnasele 710 mm laiuste rehvide korral

Kõige suuremat erisurvet pinnasele tekitas Bear 65,7 kPa (vt. joonis 7) nii haake- kui traktormooduliga. Tuleb arvesse võtta, et tegu on kõige raskema harvesteriga, mis kaalub 24 500 kg. Kõige vähem erisurvet tekitas pinnasele Fox 54,2 kPa nii haake- kui traktormooduliga. Tegu on kõige kergema harvesteriga, mis kaalub 20 200 kg.

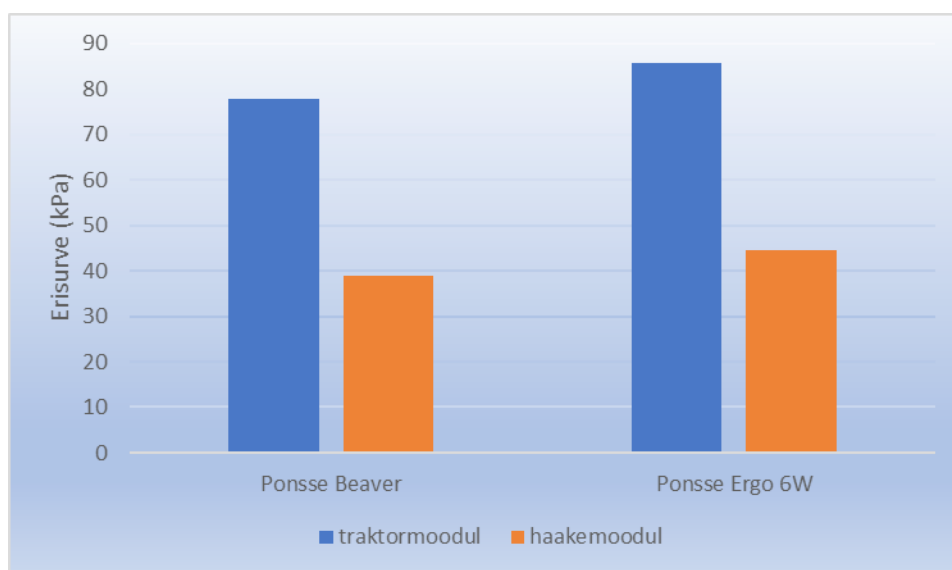


Joonis 7: 8 rattaliste erisurve pinnasele 710mm rehvi laiusega

Võrreldes joonist 5 ja joonist 7 on näha, et pinnasele mõjuv erisurve on languses, mille tagavad laiemad rehvid. 600 mm laiuste rehvidega avaldas Bear pinnasele survet 76,5 kPa ja 710 mm laiuste rehvidega avaldas ainult 65,7 kPa, mis on juba üle 10 kPa võrra väiksem. Kõikidele kaheksarattalistele harvesteritele on valitud 710/45*26,5 rehvid. Jooniselt on märgata lineaarset erisurve kasvu kergemast harvesterist raskema harvesteri poole. Sellest saab järeldada, et masside suurenemise tõttu erisurved suurenevad.

5.5 6WD harvesteride erisurve pinnasele 710/750 mm laiuste rehvide korral

Kuuerattaliste seast kõige rohkem tallab pinnast traktormooduliga Ergo 85,6 kPa ning kõige vähem tallab Beaver 77,8 kPa. Kui eelnevatel kitsamatel rehvidel avaldas pinnasele erisurvet kõige rohkem Beaver, siis antud rehvivaliku korral tallab pinnast kõige rohkem Ergo traktormoodul (vt. joonis 8).

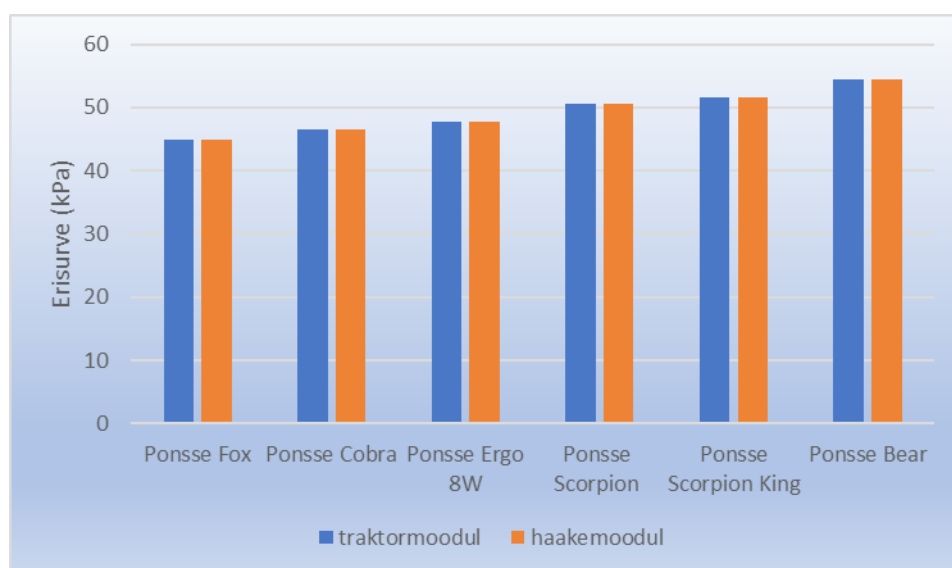


Joonis 8: 6 rattaliste erisurve pinnasele 710/750mm rehvi laiuste korral

Kuna Beaver'i traktormoodulil on 750 mm laiused rehvid ja Ergol 710 mm rehvid, siis laiuse ja kõrguse suhe on mõlematel rehvidel võrdne. Tänu sellele tekib erinevus tallamisel. Tuleb arvesse võtta, et Beaver on 2500kg kergem, mis tagab väiksema erisurve pinnasele. Haakemoodulitest kõige vähem erisurvet avaldab Beaver 38,9 kPa ja kõige rohkem avaldab Ergo 44,5 kPa. Võrreldes tulemusi eelnevalt jooniselt saadud andmetega on haakemooduli erisurve langenud ligikaudu 8 kPa. Haakemoodulitel on mõlemal harvesteril rehvi mõõtmed 750/55*26,5.

5.6 8WD harvesteride erisurve 750 mm laiuste rehvide korral

Tulemustes on märgata lineaarsed erisurve kasvu kergemast harvesterist raskema harvesteri poole. Masside suurenemise tõttu suurenevad erisurved. 750 mm laiusega rehvid alandavad maapinnale langevat koormust veelgi rohkem võrreldes 710 mm laiusega rehvi korral (vt. joonis 9). Kolm kõige kergemat masinat avaldavad survet pinnasele alla 50 kPa. Nendeks on Fox, Cobra ja Ergo 8W. Kui võrrelda seda saamehega, erisurve pinnasele on käesoleva töö autori näitel 36,5 kPa, siis sobivate mõõtmetega rehvide korral ei pruugi masinate erisurve olla oluliselt suurem inimese jala tekitatud erisurve. Üldiselt ei loeta metsamasina tallamist loodusvaenulikuks, kui tema ratta erisurve ei ületa inimese jala erisurvet maapinnale. Kokkuleppeliselt on selleks arväärtuseks võetud kuni 50 kPa ehk 0,5 kg/cm² (Nurk 1995).

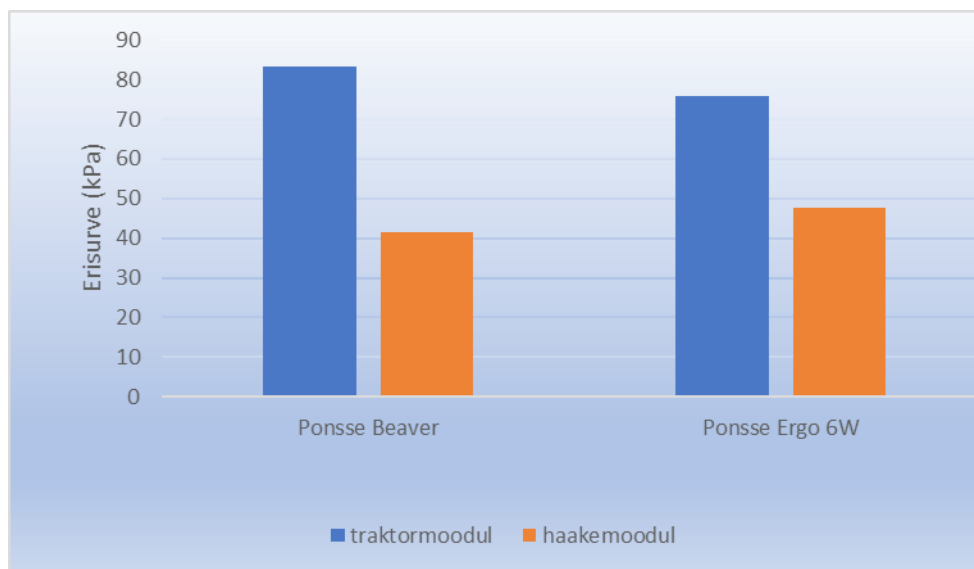


Joonis 9: 8 rattaliste erisurve pinnasele 750mm rehvi laiusega

Kõige suuremat erisurvet pinnasele avaldab Bear 54,5 kPa ning kõige vähem Fox 44,9 kPa (vt. joonis 9) nii haake- kui traktormoodulil. Kõige raskema masina 750 mm laiuste rehvide erisurve võrreldes 710 mm rehvidega on vahe 11,2 kPa. Kõikidel kaheksarattaliste harvesteridel on valitud 710/45*26,5 rehvid.

5.7 6WD harvesteride erisurve 710/800 mm laiuste rehvide korral

Jooniselt selgub, et kõige rohkem erisurvet avaldab Beaver traktormoodul 83,3 kPa (vt. joonis 10). Tulemustest on näha, et 750 mm rehvid avaldavad vähem erisurvet pinnasele kui 800 mm rehvid. See tuleneb sellest, et ratta raadius on 750 mm laiusega rehvil suurem, mis annab maapinnale 15 kPa väiksema erisurve.



Joonis 10: 6 rattaliste erisurve 710/800mm rehvi laiuste korral

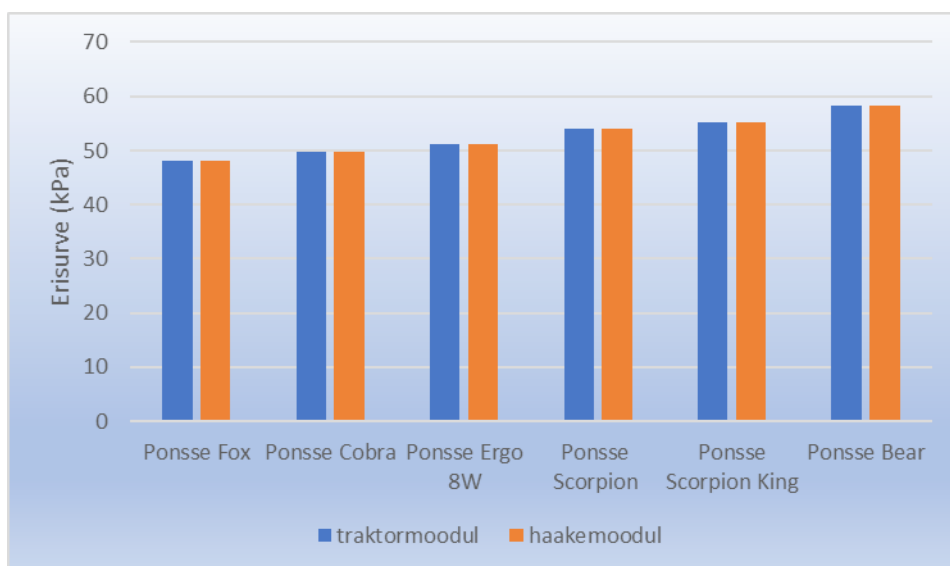
Kõige vähem erisurvet avaldab pinnasele traktormoodulil Ergo 6W 75,8 kPa. Antud masinal on rehvi mõõtmed 700/70*34. Arvutustes selgub, et 700 mm laiuste rehvidega arvutatud tulemus on 10 kPa väiksem võrreldes 710 mm laiusega rehve. Tulemuste erinevus tuleb siin sammuti ratta raadiusest, mis annab maapinnale väiksema erisurve. 710 mm laiusega rehvide korral on ratta raadius väiksem.

Haakemoodulitel on mõlemal harvesteril rehvi mõõtmed 800/40*26,5. Kõige rohkem erisurvet avaldas Ergo 6W haakemoodul 47,5 kPa ning kõige vähem avaldas Beaver 41,6 kPa. Arvesse tuleb võtta, et Beaver'i kaal on väiksem ning sellest tuleneb erisurve erinevus. Tulemustes selgub samuti, et haakemooduli erisurve pinnasele on tõusnud, nagu traktormooduli 800 mm rehvide korral. Kõige mõistlikum oleks kasutada harvesteriga

töötades 750/55*26,5 rehve sellepärast, et nad annavad kõige väiksema erisurve pinnasele võrreldes teiste rehvidega.

5.8 8WD harvesteride erisurve 800 mm rehvide korral

Tulemuste arvutamise käigus selgub, et kõige rohkem erisurvet avaldab harvester Bear. Bear erisurve pinnasele on 58,3 kPa nii haake- kui traktormoodulil 800 mm laiuste rehvidega (vt. joonis 11).



Joonis 11: 8 rattaliste erisurve pinnasele 800mm rehvi laiusega

Eelnevalt arvutatud 750 mm laiuste rehvidega erisurve pinnasele 54,5 kPa (vt. joonis 11), mis on 3,8 kPa suurem. Erisurve erinevus tuleneb sellest, et 800 mm rehvil on ratta raadius väiksem, mis tähendab, et toetuspind väheneb ja erisurve suureneb. Kõikidel 8WD harvesteridel on 800/40*26,5 mõõtudega rehvid. Kõige vähem erisurvet pinnasele annab nii traktor- kui haakemooduliga Fox 48,1 kPa, mis on samuti suurenenud 750 mm laiuste rehvidega võrreldes.

Metsatöid tehes harvesteriga tuleks kasutada 750 mm laiussega rehve, kuna nende erisurve pinnasele on kõige väiksem.

5.9 Võrdlus John Deere'i metsaväljaveo masinatega

Antud joonisel 12 on välja arvatatud erisurve pinnasele metsaväljaveo masina kitsaste lintidega lühikesel tandemil ja harvesteri erisurve pinnasele 710 mm laiuste rehvide korral. Tulemusi on võrreldud Sven Holmi (2020) bakalaureusetöö tulemustega. Võrdluseks toodi samasse kaaluklassi kuuluvad masinad. Masinateks valituks said John Deere 810 E ja Ponsse Scorpion King. Scorpion Kingil on valitud rehvid 710/55*26,5 ja John Deere 810 E rehvid on 710/40*22,5. John Deere 810 E kaaluks on koos lintidega 23 246 kg ja Ponsse Scorpion Kingi kaal 23 200 kg.



Joonis 12: Ponsse Scorpion Kingi võrdlus John Deere 810E forwarderiga

John Deere 810 E erisurve pinnasele traktormoodulil on 33,3 kPa ja haakemoodulil 47,9 kPa. Scorpion Kingi nii haake- kui traktormoodul avaldavad erisurvet pinnasele 62,2 kPa. Tulemuste käigus selgus, et John Deere 810 E traktormoodul koos lintidega annab

ligikaudu poole vähem erisurvet pinnasele kui Ponsse Scorpion King. Tuleb lähtuda, et forvarderil on kaalujaotus 40/60, mis annab traktormoodulile väiksema erisurve. Haakemooduli erisurve vahe on 14,3 kPa.

Antud tulemuste võrdluses oleks mõistlik kasutada metsamasinatel linte, kui on soov erisurvet alandada.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk oli uurida Ponsse harvesteride mõju pinnasele ja saadud tulemusi omavahel võrrelda. Lisaks sellele selgitati lahti mis on masindegradatsioon ning anti ülevaade Ponsse harvesteridest ja rehvidest.

Uurimuses võrreldi erineva varustusega Ponsse harvestereid ja nende poolt tekitavat erisurvet pinnasele. Tulemusi võrreldi 2020. aasta Sven Holmi bakalaureusetööga „John Deere kokkuveomasinate mõju metsapinnasele”. Andmete analüüsis selgus, et mida raskem on masin, seda suurem on erisurve pinnasele. Tulemustest selgus, et 6WD traktormoodul annab rohkem erisurvet pinnasele kui 8WD traktormoodulid. Andmete analüüsis kasutati eri laiusega rehve, et selgitada välja kõige vähem erisurvet tekitav rehvi. Selgus, et kõige vähem erisurvet tekitava rehvi laius on 750/55*26,5. Kõige vähem erisurvet tekitas 8WD masinatest Ponsse Fox ning kõige rohkem Ponsse Bear. Võrdluses Sven Holmi (2020) bakalaureusetööga selgus, et metsamasinad koos lintidega annavad erisurvet pinnasele ligikaudu poolevõrra vähem võrreldes rehvidega.

Harvesterid peaksid võimalusel kasutama 750mm laiuseid rehve, vähendamaks maksimaalset erisurvet pinnasele. Edaspidi võiks uurida 750mm laiuste rehvide mõju pinnasele koos erineva laiusega lintidega just seetõttu, et 750/55*26,5 rehvid andsid pinnasele kõige vähem erisurvet valikus esindatud rehvide seast.

VIITED

- Alvela, A.** (2019). Harvester – kellele looduse hävitaja, kellele arengutee sillutaja, Eesti Mets
<https://www.loodusajakiri.ee/uusveeb/wp-content/uploads/2019/04/EM01-2019-Harvester.pdf>
- Astover, A., Kõlli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E.** (2012). Mullateadus. Tartu: Eesti Maaülikool. 486 lk.
- Harvesters. (2020). Ponsse Oyj. <https://www.ponsse.com/products/harvesters#/>
- Keskkonnaministeerium. (2019). Metsastatistika. <https://www.envir.ee/et/metsastatistika>
- Lõputöö vormistamise nõuded. (2017). Eesti Maaülikool.
<https://www.emu.ee/userfiles/emu2015/baka%20VORMISTAMISE%20N%c3%95UDED%202017.pdf> (25.05.2020)
- Mulla aeratsioon. (2009). Eesti Entsüklopeedia. <http://entsyklopeedia.ee/>
- Nokian Forest King TRS 2. Nokian Tyres. (2020).
<https://www.nokiantyres.com/heavy/tires/forestry/>
- Nokian Nordman Forest TRS L-2. Nokian Tyres. (2020).
<https://www.nokiantyres.com/heavy/tires/forestry/nokian-forest-king-trs-2/>
- Nurk, T.** (1995). Loodussõbralik tehnoloogia metsas. Jõgeva Metsaselts. Jõgeva. 50 lk.
- Picchio, R., Mederski, P.S. & Tavankar, F.** (2020). How and How Much, Do Harvesting Activities Affect Forest Soil, Regeneration and Stands?. *Curr Forestry Rep* **6**, 115–128. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00113-8>
- Põhja, J.** (2010). Metsamasinate rehvid, rehviketid ja linnid. Bakalaureuse töö metsanduse erialal. Tartu: Eesti Maaülikool. 8 – 16 lk. Käsikiri EMÜ metsakorralduse ja metsatööstuse õppetoolis

LISA

Lisa 1 Harvesteride tehnilised andmed

			600 mm laiused rehvid(möödud)		710 mm laiused rehvid(möödud)		750 mm laiused rehvid(möödud)		800 mm laiused rehvid(möödud)
mudel	Kaal (kg)	Rataste arv	Esirehv	Tagarehv	Esirehv	Tagarehv	Esirehv	Tagarehv	Esirehv
Ponsse Beaver	17 500	6	600/55*26,5	600/55*26,5	710/45*26,5	710/45*26,5	750/55*26,5	750/55*26,5	800/40*26,5
Ponsse Ergo 6W	20 000	6	600/65*34	600/55*26,5	700/55*34	710/45*26,5	710/55*34	750/55*26,5	710/70*34
Ponsse Fox	20 200	8	600/55*26,5	600/55*26,5	710/45*26,5	710/45*26,5	750/55*26,5	750/55*26,5	800/40*26,5
Ponsse Cobra	20 900	8	600/55*26,5	600/55*26,5	710/45*26,5	710/45*26,5	750/55*26,5	750/55*26,5	800/40*26,5
Ponsse Ergo 8W	21 500	8	600/55*26,5	600/55*26,5	710/45*26,5	710/45*26,5	750/55*26,5	750/55*26,5	800/40*26,5
Ponsse Scorpion	22 700	8	600/55*26,5	600/55*26,5	710/45*26,5	710/45*26,5	750/55*26,5	750/55*26,5	800/40*26,5
Ponsse Sckorpion King	23 200	8	600/55*26,5	600/55*26,5	710/45*26,5	710/45*26,5	750/55*26,5	750/55*26,5	800/40*26,5
Ponsse Bear	24 500	8	600/55*26,5	600/55*26,5	710/45*26,5	710/45*26,5	750/55*26,5	750/55*26,5	800/40*26,5

Lisa 2 Harvesteride erisurve pinnasele

mudel	600 mm laiune rehv		710 mm laiune rehv		750 mm laiune rehv		800 mm laiune rehv	
	Traktormoodul (kPa)	Haakemoodul (kPa)	Traktormoodul (kPa)	Haakemoodul (kPa)	Traktormoodul (kPa)	Haakemoodul (kPa)	Traktormoodul (kPa)	Haakemoodul (kPa)
Ponsse Beaver	109,39	54,70	93,93	46,96	77,88	38,94	83,30	41,65
Ponsse Ergo 6W	101,40	62,51	87,45	53,67	85,64	44,50	75,82	47,60
Ponsse Fox	63,14	63,14	54,21	54,21	44,95	44,95	48,07	48,07
Ponsse Cobra	65,32	65,32	56,09	56,09	46,50	46,50	49,74	49,74
Ponsse Ergo 8W	67,20	67,20	57,70	57,70	47,84	47,84	51,17	51,17
Ponsse Scorpion	70,95	70,95	60,92	60,92	50,51	50,51	54,02	54,02
Ponsse sckorpion King	72,51	72,51	62,26	62,26	51,62	51,62	55,21	55,21
Ponsse Bear	76,58	76,58	65,75	65,75	54,51	54,51	58,31	58,31

Lisa 3. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Kaarel Kristjan Rink, sünniaeg 30/01/1996,

1. annan Eesti Maaülikoolile asuta loa(lihtlitsentsi) endal oodud lõputöö

Ponsse harvesteride mõju metsapinnasele, mille juhendaja on Vahur Kurvits,

1.1.salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____ (allkiri)

Tartu, 36.05.2021

Juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.	
_____	_____
(juhendaja nimi ja allkiri)	(kuupäev)